

## 鋼材さび面に対する Cold Spray 工法の防食性能に関する電気化学的考察

琉球大学 正会員 ○加藤祐介 琉球大学 正会員 下里哲弘 琉球大学 正会員 田井政行  
 琉球大学 正会員 有住康則 琉球大学 正会員 押川渡

## 1. はじめに

鋼橋の腐食弱点部の1つとして鋼桁端部が挙げられる。一般的な補修工法は、素地調整後の再塗装である。しかし、鋼桁端部のような狭隘部では十分なケレン作業が困難であり、鋼材表面にさびが残存し、再塗装後に腐食が早期再発する。そのため、鋼桁端部における効果的かつ効率的な補修工法の確立が重要である。本研究では少量のさびを許容しつつ高耐食性の防食下地を形成することが可能である、現在開発中の新しい防食工法の Cold Spray (以下、CS と記載) 工法<sup>1)</sup> について、鋼材さび面に対する防食性能を明らかにすることを目的とする。今回、CS 工法を適用した腐食鋼材の防食性能を電気化学的手法により検討した。

## 2. 試験方法

## 2.1 試験ケースおよび条件

試験ケースおよび条件を表 1 に示す。CS 工法は補修工法を想定しているため、腐食鋼材(普通鋼:初期錆厚約 250 $\mu$ m)を用いた。初期錆厚が CS 工法の防食性に及ぼす影響について検討するために、ケレン無(さび面まま)と 2 種ケレン(カップワイヤ)の腐食鋼材を用いた。これらの鋼材に対し CS 工法を適用し、CS 処理鋼材を作製した。なお、CS 工法に使用した粉体は、亜鉛とアルミナの混合粉体(重量比 60:40)とした<sup>1)</sup>。本試験では、一般的な補修塗装で使用される有機ジンクリッチペイント(以下、有機ジンクと記載)を比較材とした。CS 工法と同様の腐食鋼材を用い、2 種ケレンと 1 種ケレンの素地調整を実施した。また、防食性能の比較のために無機ジンクリッチペイント(以下、無機ジンクと記載)と溶融亜鉛めっき(HDZ55)の比較材も用いた。

表 1 試験ケースおよび条件

防食下地	使用した鋼材	素地調整	目標膜厚	備考
CS 皮膜	腐食鋼材 (初期錆厚:250 $\mu$ m)	ケレン無(さび面まま)	100 $\mu$ m	補修工法
		2種ケレン(工具:カップワイヤ)		
有機ジンク	腐食鋼材 (初期錆厚:250 $\mu$ m)	2種ケレン(工具:カップワイヤ)	75 $\mu$ m	補修工法
		1種ケレン(ブラスト処理)		
無機ジンク	新材	1種ケレン(ブラスト処理)	75 $\mu$ m	新設
溶融亜鉛めっき			76 $\mu$ m	

## 2.2 腐食促進試験

各試験片に対し、乾湿繰り返し複合サイクルによる腐食促進試験を実施した。試験条件は 5wt%NaCl を塗布後、湿潤条件(35 $^{\circ}$ C, 90%RH:2hr)、乾燥条件(40 $^{\circ}$ C, 50%RH:6hr)を1サイクル(計 8hr)とし、3サイクル(計 24hr)毎に 5wt%NaCl を繰り返し塗布した。試験期間は 0, 8, 28 日とし、それぞれの期間で試験片を回収した。

## 2.3 評価・分析方法

各試験片の腐食状況を把握するために外観観察と SEM 断面観察を実施した。また、各試験片の防食性能を把握するために、自然電位測定を実施した。回収した各試験片に対して電極(測定部:20 $\times$ 20mm、それ以外はシーリング処理)を作製し、3wt%NaCl 溶液中(大気解放条件、室温平均 20 $^{\circ}$ C)にて約 20min 浸漬後の自然電位を測定した。なお、参照電極は銀塩化銀電極(SSE)を用いた。

## 3. 試験結果

## 3.1 腐食状況

28 日経過後の腐食外観を図 1 に示す。通常の補修塗装で使用される有機ジンクでは、いずれのケースも塗膜劣化や赤さび発生が認められ、特に 2 種ケレンにおいて著しい腐食損傷が発生した。一方、CS 工法の場合、ケレン無では赤さび発生が僅かに認められたが、2 種ケレンでは無機ジンクや溶融亜鉛めっきと同様に赤さび発生はなく

キーワード: Cold Spray 工法, 鋼桁端部, 補修, 腐食, 犠牲防食

連絡先: 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 番地 亜熱帯島嶼科学拠点研究棟 Tel:098-895-8832

外観良好であった。

試験開始前と試験終了後(28日経過後)のSEM断面観察結果を図2に示す。有機ジンク(2種ケレン)では、新設を想定した無機ジンクの場合と異なり、塗膜劣化に伴う鋼材さびの成長が認められた。一方、CS工法(2種ケレン)では、溶融亜鉛めっきと同様に亜鉛皮膜の腐食は確認されたが、鋼材さびの成長には至らなかった。

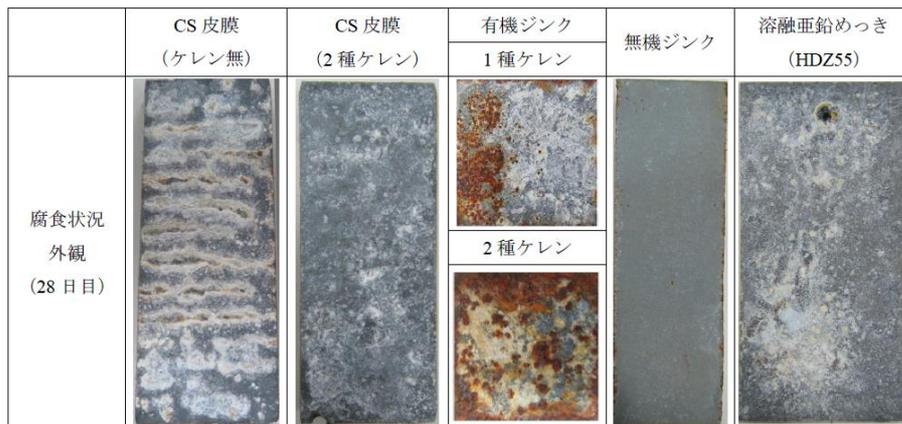


図1 腐食外観状況(試験期間:28日経過後)

3.2 自然電位経時変化

各ケースにおける自然電位経時変化を図3に示す。

有機ジンク(1種ケレン)では、試験初期(0,7日)に約-0.9V vs. SSEの卑な自然電位を示したが、試験経過に伴い自然電位が約-0.4V vs. SSEまで貴化した。これは、塗膜劣化に伴い防食性能が低下したためであると考えられる。一方、有機ジンク(2種ケレン)では、試験開始前(0日目)において、自然電位が約-0.6V vs. SSEであり、鋼材電位と概ね同程度の自然電位を示した。このことから、通常の補修塗装で使用される有機ジンクでは、鋼材さびが残存していると犠牲防食効果が期待できず、防食性能が著しく低下すると考えられる。

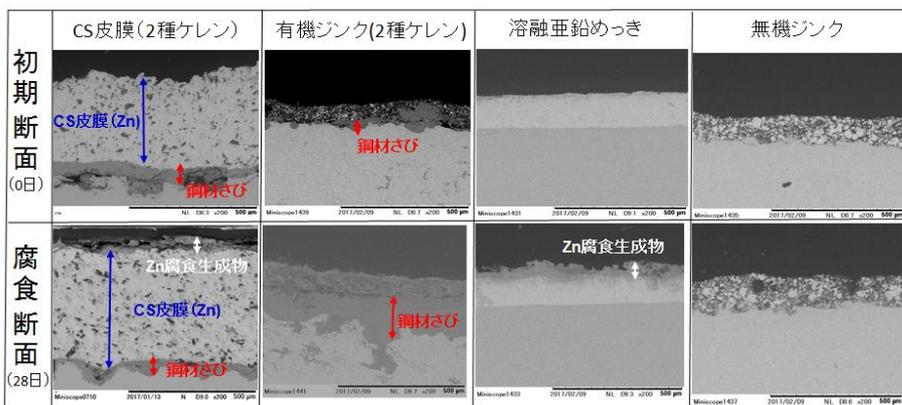


図2 SEM断面観察(初期,腐食試験28日経過後)

CS工法(ケレン無)では、試験経過に伴い自然電位の貴化が認められた。一方、CS工法(2種ケレン)では、溶融亜鉛めっきと同様に約-1.0V vs. SSEの卑な自然電位を概ね維持し、無機ジンクよりも卑な自然電位を示した。このことからCS工法では、2種ケレン程度の素地調整を行うことで、鋼材さびが残存しても溶融亜鉛めっきと同程度の防食性能(犠牲防食効果)を発揮することが可能であると推測される。

4. まとめ

本研究で得た知見を以下に示す。

- 1) 通常の補修塗装で使用される有機ジンクでは、鋼材さびが残存すると十分な犠牲防食効果が期待できず、その結果、防食性能が低下する傾向になると考えられる。
- 2) 一方、CS工法では、2種ケレン程度の素地調整後の鋼材さび残存状態において溶融亜鉛めっきと同程度の防食性能(犠牲防食効果)を発揮することが可能であると推測される。

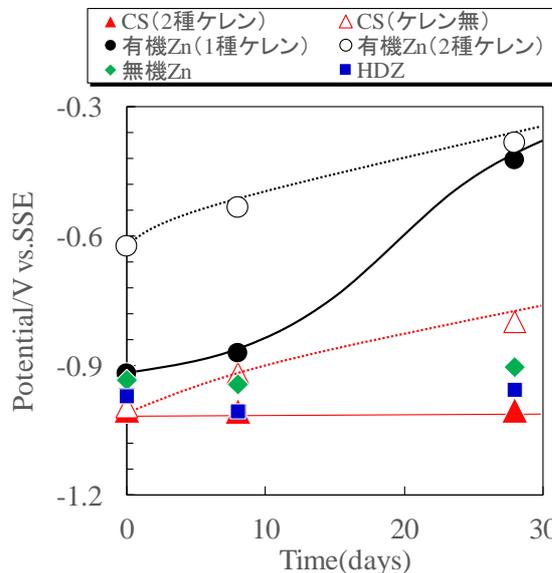


図3 自然電位経時変化

謝辞: 本研究は(株)横河ブリッジホールディングス, 東京ファブリック工業(株)にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 下里哲弘, 日和裕介, 有住康則, 山城慶: さび鋼板面に対するコールドスプレー法の防食皮膜形成に関する実験的研究, 日本鋼構造協会, 鋼構造論文集, Vol.24 No.93, pp.65-72, 2017.3.